

Вера Сергеевна Виноградова¹, Сергей Сергеевич Макаров^{2✉},
Алексей Владимирович Ситников³

¹Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Каравеево, Костромская область, Россия

²Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

³Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации, Москва, Россия

¹verochka_54@list.ru

²s.makarov@rgau-msha.ru

³sitnikow@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА КАПЕЛЬНОГО ПОЛИВА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГИДРОТРОФИЧЕСКОГО РЕЖИМА ДЫНИ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Цель исследования – изучить возможности применения капельного полива в целях оптимизации гидротрофического режима дыни в условиях защищенного грунта. Объект исследования – культура дыни сорта F1 Полидор. Исследование проводили в 2021–2023 гг. на предприятии ОАО «Тепличный комбинат Высоковский» (Костромская обл.) в условиях принятой технологии выращивания дыни F1 Полидор (контроль – капельный полив) и с использованием дополнительного элемента системы капельного полива ГТК (опыт). Опыт проводили на площади 200 м² (размер учетной площадки – 25 м²) в соответствии с утвержденными методиками. Гидротрофические капсулы устанавливали при высадке рассады в грунт из расчета 1 гидрокapsулы на 2 растения, при этом в крышку монтировались 2 капилляра автоматизированной системы полива. Частота и уровень подачи воды и питательных растворов программировали в соответствии с требованиями биологии культуры и осуществляли централизованно. Повторность опыта – 4-кратная. Оптимизация режима обеспеченности водой и элементами питания дыни способствовала развитию мощной корневой системы с положительно измененной анатомо-морфологической (увеличение массы корневой системы на 125,7 г/растение, уменьшение количества корневых волосков и увеличение размера сосудов ксилемы до 0,32 мм) и функциональной структурой (больше на 101 % рабочей адсорбирующей поверхности корней), повышающей физиологическую активность наземных органов по показателям продуктивности фотосинтеза до 0,99 мгС/дм²/ч и снижающей потери воды на 3,4 %/ч/растение, что отразилось на формировании дополнительной продукции дыни 8,9 т/га с высоким накоплением сахаров (16,4 %) и витамина С (8,9 мг%). Снижение затрат на дополнительный расход воды положительно отразится на себестоимости продукции и в целом на экономике предприятия. В условиях теплиц сформируется благоприятный климат для рабочего персонала, сократится количество прополок, снизится риск аллергических реакций на споры плесневых грибов.

Ключевые слова: дыня, капельный полив, гидротрофические капсулы, гидротрофический режим растений, микроклимат, продуктивность

Для цитирования: Виноградова В.С., Макаров С.С., Ситников А.В. Обоснование применения элемента капельного полива для оптимизации гидротрофического режима дыни в условиях защищенного грунта // Вестник КрасГАУ. 2024. № 7. С. 13–20. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-7-13-20.

Vera Sergeevna Vinogradova¹, Sergey Sergeevich Makarov^{2✉}, Alexey Vladimirovich Sitnikov³

¹Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Kostroma Region, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

³State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation, Moscow, Russia

¹verochnka_54@list.ru

²s.makarov@rgau-msha.ru

³sitnikow@mail.ru

RATIONALE FOR USING A DRIP IRRIGATION ELEMENT TO OPTIMIZE THE HYDROTROPHIC REGIME OF MELON IN PROTECTED SOIL CONDITIONS

The aim of the study is to investigate the possibilities of using drip irrigation to optimize the hydrotrophic regime of melon in protected ground conditions. The object of the study is the melon crop of the F1 Polidor variety. The study was carried out in 2021–2023 at the enterprise of OJSC Vysokovsky Greenhouse Plant (Kostroma Region) under the adopted technology for growing F1 Polidor melon (control – drip irrigation) and using an additional element of the GTK drip irrigation system (experiment). The experiment was carried out on an area of 200 m² (the size of the survey site is 25 m²) in accordance with the approved methods. Hydrotrophic capsules were installed when planting seedlings in the ground at the rate of 1 hydrocapsule per 2 plants, while 2 capillaries of the automated irrigation system were mounted in the lid. The frequency and level of water and nutrient solutions supply were programmed in accordance with the requirements of the biology of the crop and were carried out centrally. The experiment was repeated 4 times. Optimization of the water and nutrient supply regime for melons contributed to the development of a powerful root system with a positively changed anatomical and morphological (increase in root system weight by 125.7 g/plant, decrease in the number of root hairs and increase in the size of xylem vessels to 0.32 mm) and functional structure (101 % more working adsorbing surface of roots), increasing the physiological activity of above-ground organs in terms of photosynthetic productivity to 0.99 mgC/dm²/h and reducing water losses by 3.4 %/h/plant, which affected the formation of additional melon production of 8.9 t/ha with high accumulation of sugars (16.4 %) and vitamin C (8.9 mg%). Reducing the costs of additional water consumption will have a positive effect on the cost of production and on the economy of the enterprise as a whole. In greenhouse conditions, a favorable climate will be created for the working personnel, the amount of weeding will be reduced, and the risk of allergic reactions to mold spores will be reduced.

Keywords: melon, drip irrigation, hydrotrophic capsules, hydrotrophic regime of plants, microclimate, productivity

For citation: Vinogradova V.S., Makarov S.S., Sitnikov A.V. Rationale for using a drip irrigation element to optimize the hydrotrophic regime of melon in protected soil conditions // Bulliten KrasSAU. 2024;(7): 13–20 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-7-13-20.

Введение. Ученые и практики отмечают, что в последнее время в связи с глобальной проблемой использования источников пресной воды во всех странах с развитым земледелием особое внимание уделяется вопросам использования капельного орошения [1–3]. Возможность полной автоматизации процесса, экономия воды и удобрений и значительное повышение показателей количества и качества урожая обосновывают более широкое внедрение такого способа орошения [1, 4]. Большой многолетний производственный и научный опыт применения систем капельного полива (с применением ка-

пельной ленты, капельной трубки и капельницы) в России в различных почвенно-климатических условиях свидетельствует об эффективности и экономической выгоде создания поливных систем такого типа при орошении различных овощных, пропашных, технических, плодовых, ягодных и декоративных культур в питомниках и эксплуатационных насаждениях [5–8].

Однако, учитывая все преимущества такого способа водоснабжения, при капельном поливе в условиях с очень высокой температурой воздуха и низкой влажностью локальное увлажнение не обеспечивает смачивание корнеобитае-

мого слоя почвы, что приводит к тяготению корней к поверхностному слою, формированию воздушных корней на стебле и, как следствие, к невозможности выполнения корнями своих закрепительных функций, нарушению морфогенеза и эстетического вида растений. Кроме того, при поливе путем дождевания или поверхностном орошении в почве периодически происходит создание условий местного переувлажнения с высыханием впоследствии до уровня влажности увядания из-за большого межполивного интервала. Поэтому растения подвергаются стрессам, нарушается нормальный ритм их роста и развития, а также происходит появление и развитие конкурентов, вредителей и возбудителей болезней. Помимо этого из-за образующихся солевых отложений капельные системы требуют частой промывки, и, как следствие, возникает потребность в тщательной подготовке воды и ограничение возможности использования минеральных и органических удобрений, регуляторных и защитных препаратов. Все это приводит к необходимости применения дополнительных и агротехнически сложных операций и более дорогостоящих технологий, а также к снижению качества полезной с хозяйственной точки зрения продукции.

В связи с этим появляется необходимость внедрения в систему капельного полива дополнительного элемента, предполагающего возможность почти универсального применения. Это актуально при отсутствии возможности других способов полива или неэффективности: например, при выращивании в защищенном грунте на участках с большим уклоном и сложным рельефом, на маломощных грунтах с очень высокой или низкой гигроскопической влажностью, при локальном поливе в контейнерах и зимних садах, при потребности в подпочвенной системе полива и др.

Особенностью предлагаемого способа являются дополнительные элементы к технологии капельного орошения в виде гидротрофических капсул (ГТК), которые способны к удержанию влаги, водорастворимых минеральных и гуминовых комплексов, защитных препаратов и распределению их в почвенном горизонте корнеобитаемой зоны. Это способствует поддержанию в корнеобитаемой зоне растений оптимального водно-физического и питательного режима, особенно в критические фазы их развития, что в конечном счете создает условия для нормального

развития сельскохозяйственных, овощных, бахчевых и декоративных культур и обеспечения большого высококачественного урожая. Особенно актуально использование предлагаемого способа водоснабжения при интенсивных технологиях выращивания сельскохозяйственных и декоративных культур, а также на садовых участках, где на состояние растений значительное влияние оказывают точность поддерживаемых режимов влажности, питания и защиты, и при потребности в монтаже системы глубинным способом. При аккумулятивно-капельном водоснабжении имеется возможность регулировать частоту поливов полностью в соответствии с потреблением растениями воды и поддержанием оптимальной влажности. Это помогает растениям легче получать необходимое в данный момент количество влаги, а также питательных веществ в виде гуминовых соединений, водорастворимых минеральных комплексов, экологически безопасных росторегулирующих веществ и препаратов, которые способствуют повышению фитоиммунитета растений без использования агрессивных синтетических пестицидов [9].

Цель исследований – изучить возможности применения капельного полива в целях оптимизации гидротрофического режима дыни в условиях защищенного грунта.

Объекты и методы. Объект исследований – культура дыни сорта F1 Полидор. Исследования проводили в 2021–2023 гг. на предприятии ОАО «Тепличный комбинат Высоковский» (Костромская обл.) в условиях принятой технологии выращивания дыни F1 Полидор (контроль – капельный полив) и с использованием дополнительного элемента системы капельного полива ГТК (опыт). Опыт проводили на площади опыта 200 м² (размер учетной площадки – 25 м²) в соответствии с утвержденными методиками [10]. Гидротрофические капсулы устанавливали при высадке рассады в грунт из расчета 1 гидрокапсулы на 2 растения, при этом в крышку монтировались 2 капилляра автоматизированной системы полива. Частота и уровень подачи воды и питательных растворов программировали в соответствии с требованиями биологии культуры и осуществляли централизованно. Повторность опыта – 4-кратная. Агроклиматические условия в тепличном хозяйстве поддерживались климатическими компьютерами Sercom (Голландия), с помощью которых в зависимости от изменения ситуации регулировали темпера-

туру и относительную влажность воздуха, температуру почвы и питательного раствора, концентрацию углекислого газа. Для обработки результатов исследований использовали программный пакет MS Office.

Результаты и их обсуждение. Поглощение растениями воды из почвы или грунта зависит не только от их влажности, но и от влагоемкости, структуры, концентрации и газового состава почвенного раствора, а также от температуры. Помимо наличия воды в субстрате (почве) для обеспечения нормального водного режима для растения важна также и возможность поступления ее в растение, т. е. условия оптимального водопоглощения корнями. При плотной структуре и избыточном увлажнении почвы наблю-

дается недостаток кислорода, что приводит к нарушению дыхания корней, и, следовательно, их жизнедеятельности [11, 12]. Корень, являясь одним из основных органов питания растения, выполняет несколько функций, среди которых важнейшими являются поглощение необходимых минеральных веществ и воды из грунта и переработка поступивших ионов. При этом крайне важно, чтобы у растений оптимально формировалась корневая система с хорошо развитой рабочей поверхностью [2]. Высокое значение рабочей адсорбирующей поверхности корневой системы ($416 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ на 1 растение) получено у растений дыни с применением гидротрофических капсул (табл. 1).

Таблица 1

Формирование рабочей поверхности корневой системы дыни F1 Полидор (среднее за 2021–2023 гг.)

| Вариант | Поверхность корней, $\text{м}^2 \cdot 10^{-6}/\text{растение}$ | | | Объем, мл/растение |
|-------------------|--|-----------------------|-----------|--------------------|
| | общая | рабочая адсорбирующая | нерабочая | |
| Контроль | 442,0 | 207,0 | 235,0 | 7,1 |
| Опыт | 612,0 | 416,0 | 196,0 | 8,9 |
| НСР ₀₅ | 102,7 | 98,4 | 22,5 | 0,77 |

При препарировании корня в зоне поглощения была зафиксирована мощная ксилемная часть центрального цилиндра главного корня растений. Диаметр сосудов трахей в проводящей системе растений, выращенных с применением ГТК, был в 2 раза больше и составлял

0,18–0,32 мм (рис. 1). Отмечено мощное развитие массы корневой системы растений дыни в опытном варианте, которая составила 228,1 г, что в 2,23 раза превосходило контрольные показатели.

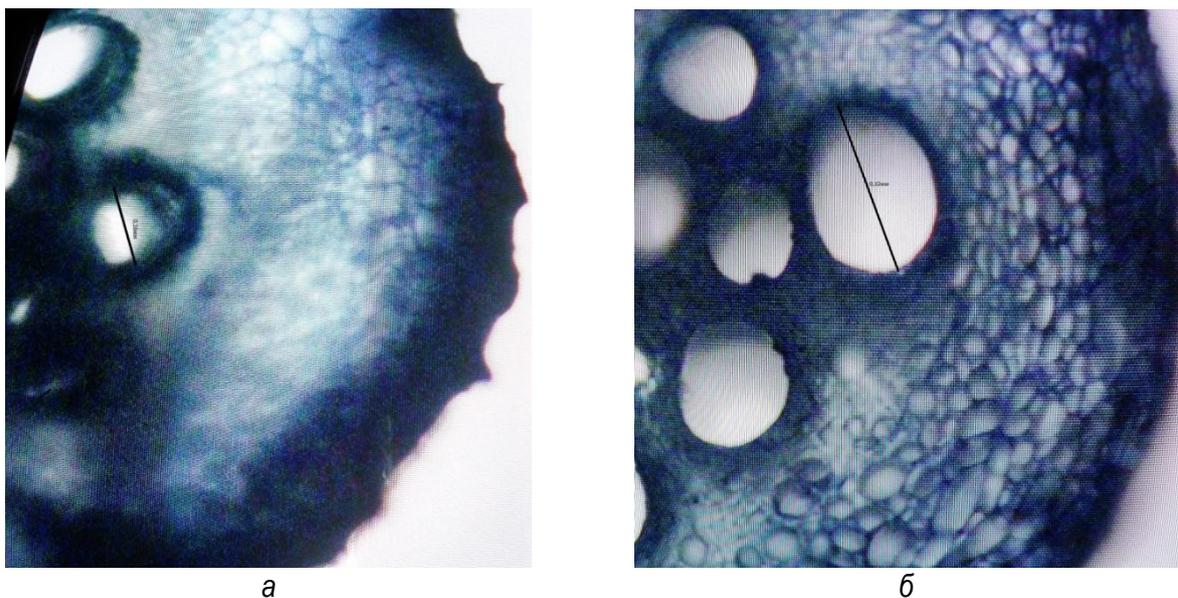


Рис. 1. Анатомический срез корня растения дыни (увеличение – 80×): а – контроль; б – опыт

Известно, что хорошо развитая корневая система обеспечивает растение водой и питательными веществами, что поддерживает высокую их физиологическую активность. При этом, если воздушный, водный и питательный режим в грунтах оптимальный, активно развивается физиологически ценный микробиоценоз [13].

В ходе исследования численности микрофлоры грунтов с применением ГТК была отмечена высокая активность аммонифицирующих и азотфиксирующих бактерий, тогда как в контрольном варианте наблюдалась в 16 раз более высокая численность грибной флоры (табл. 2).

Таблица 2

Численность микрофлоры грунтов под дыней (среднее за 2021–2023 гг.)

| Вариант | Численность микрофлоры, млн КОЕ/г | | |
|----------|-----------------------------------|---------------|-------------|
| | Аммонификаторы | Азотфиксаторы | Микромицеты |
| Контроль | 327,5 | 77,5 | 1,62 |
| Опыт | 585,0 | 146,0 | 0,10 |

Для растений дыни режим влажности является одним из основополагающих. Поливали растения в теплице ежедневно и умеренно, а при образовании плодов – обильнее. При этом важно, чтобы вода не попадала на корневую шейку. Во время созревания дынь потребность в воде снижается, а за 8–12 сут до сбора плодов, с целью повышения сахаристости, подачу воды прекращали. При использовании системы капельного полива затруднен контроль равномерности распределения и содержания воды в грунте.

Влагоудерживающий материал ГТК обеспечивает равномерное распределение влаги с питательными веществами в корнеобитаемой зоне, верхний слой 1–3 см остается сухим. Отбор образцов на глубине 10–20 см позволил установить равномерное распределение влаги и более высокую обеспеченность элементами питания по сравнению с контролем, где показатели по азоту и фосфору были на уровне низкой обеспеченности, а содержание воды – на 5,6 % ниже (табл. 3).

Таблица 3

Агрохимический анализ грунтов под дыней F1 Полидор (среднее за 2021–2023 гг.)

| Вариант | Содержание влаги, % | pH | Содержание элементов, мг/л | | | |
|----------|---------------------|-----|----------------------------|----|-----|----|
| | | | N | P | K | Mg |
| Контроль | 71,2 | 5,7 | 111 | 14 | 208 | 70 |
| Опыт | 76,8 | 5,9 | 146 | 20 | 244 | 79 |

Активный рост растений дыни происходит не только за счет нарастания верхушечной почки, но и вставочно, путем удлинения междоузлий. Нами были проведены исследования показате-

лей интенсивности роста, выраженных в виде линейных размеров растения в фазу начала цветения (табл. 4).

Таблица 4

Морфологическая характеристика растений дыни F1 Полидор (среднее за 2021–2023 гг.)

| Вариант | Высота растений, см | Количество листьев, шт. | Количество цветков, шт. | Площадь, см ² /растение |
|-------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Контроль | 105,2 | 10,8 | 7,4 | 1885,98 |
| Опыт | 94,1 | 10,2 | 9,2 | 1965,60 |
| НСР ₀₅ | 6,02 | 0,17 | 1,46 | 54,7 |

При использовании традиционного капельного полива у растений дыни показатели высоты растений и количества листьев достоверно превосходили и составляли соответственно 105,2 см и 10,8 шт/растение. Однако площадь листьев и количество цветков были существенно выше

(на 79,62 см² и 1,8 шт. соответственно) у растений, где применяли дополнительный элемент в виде ГТК, что очень важно для фотосинтетической деятельности, большего образования плодов и урожайности культуры (табл. 5).

Таблица 5

Физиологические показатели растений дыни F1 Полидор (среднее за 2021–2023 гг.)

| Вариант | Интенсивность дыхания, мг CO ₂ /100 г/ч | Интенсивность фотосинтеза, мгCO ₂ /см ² /ч | Продуктивность фотосинтеза, мгС /дм ² /ч | Потеря воды растением, %/ч |
|-------------------|--|--|---|----------------------------|
| Контроль | 0,741 | 1,13 | 0,61 | 7,50 |
| Опыт | 0,646 | 0,84 | 0,99 | 4,10 |
| НСР ₀₅ | 0,072 | 0,011 | 0,203 | 2,299 |

Даже при высокой интенсивности фотосинтеза растений контрольного варианта их продуктивность снизилась на 0,38 мг С/дм²/ч, что связано с расходом продуктов фотосинтеза на дыхание, которое составило 0,741 мгCO₂/100 г/ч. Вододерживающая способность у опытных растений была выше в 1,82 раза.

Для формирования урожая плодов дыни водообеспеченность растений играет решающую роль. В условиях защищенного грунта культура не может развить очень длинные корни, поскольку ограничена в пространстве. Наблюдения показали, что при использовании ГТК корни растений заглублялись на 7–18 см, тогда как при традиционном капельном поливе они располагались по поверхности грунта. Следует отметить, что при использовании ГТК грунт на протяжении всего периода вегетации растений дыни оставался рыхлым и сухим на глубине

1–2 см, т. е. на поверхности. Это позволило избежать поражения инфекцией. Растения опытного варианта не промазывали от стеблевой гнили, при этом пораженность и выпадения растений не наблюдались. В контрольном варианте было посажено 6 растений. Данные обстоятельства отразились на продуктивности культуры. Исследования показали, что при использовании в агротехнике выращивания дыни гидротрофических капсул можно поддерживать оптимальный режим водоснабжения и обеспеченность элементами питания растений. Это позволило культуре сформировать на 8,9 т/га (на 11,1 %) больше качественного урожая плодов. При этом содержание сахаров в мякоти плодов дыни опытного варианта увеличилось до 16,4 %, а содержание витамина С колебалось на уровне 8,3–8,9 мг% (табл. 6).

Таблица 6

Урожайность плодов дыни и содержание в них сахаров и витамина С (среднее за 2021–2023 гг.), кг/м²

| Вариант | Урожайность плодов, кг/м ² | Общий сахар, % | Витамин С, мг% |
|-------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|
| Контроль | 7,952 | 15,1 | 8,3 |
| Опыт | 8,843 | 16,4 | 8,9 |
| НСР ₀₅ | 0,641 | – | – |

Заключение. Выращивание в зимний период высоковитаминной продукции крайне важно для населения, проживающего в северной части России. Поэтому совершенствование технологии возделывания бахчевых культур в условиях защищенного грунта должно решать не только технические вопросы, но вместе с этим и эколо-

гические, и фитосанитарные, и экономические. Применение в системе капельного полива дополнительного элемента в виде гидротрофических капсул (ГТК) обеспечивает формирование экологически безопасного микроклимата агрофитоценоза бахчевых культур, выращиваемых в условиях защищенного грунта. Оптимизация

режима обеспеченности водой и элементами питания дыни способствует развитию мощной корневой системы с положительно измененной анатомо-морфологической (увеличение массы корневой системы на 125,7 г/растение, уменьшение количества корневых волосков и увеличение размера сосудов ксилемы до 0,32 мм) и функциональной структурой (больше на 101 % рабочей адсорбирующей поверхности корней), повышающей физиологическую активность наземных органов по показателям продуктивности фотосинтеза до 0,99 мг С /дм²/ч и снижения потери воды на 3,4 %/ч/растение, что отразилось на формировании дополнительной продукции дыни 8,9 т/га с высоким накоплением сахаров (16,4 %) и витамина С (8,9 мг%).

Список источников

1. *Pereira L.S.* Higher Performance through Combined Improvement in Irrigation Methods and Scheduling: A Discussion // *Agric. Water Manage.* 1999. Vol. 40. № 2. P. 153–169.
2. *Бородычев В.В.* Современные технологии капельного орошения овощных культур. Коломна: Радуга, 2010. 241 с.
3. An In-situ Accelerated Experimental Testing Method for Drip Irrigation Emitter Clogging with Inferior Water / *S. Han* [et al.]. // *Agricultural Water Management.* 2019. Vol. 212. № 2. P. 136–154. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.08.024.
4. Water-use Efficiency and Transpiration Efficiency of Wheat under Rain-fed Conditions and Supplemental Irrigation in a Mediterranean Type Environment / *H. Zhang* [et al.] // *Plant Soil.* 1998. Vol. 201. № 2. P. 295–305. DOI: 10.1023/A:1004328004860.
5. Irrigated Agriculture at the Crossroads // Sustainability of Irrigated Agriculture / *L.S. Pereira* [et al.] // Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1996. P. 19–33.
6. *Pereira L.S., Oweis T., Zairi A.* Irrigation Management under Water Scarcity // *Agric. Water Manage.* 2002. Vol. 57. P. 175–206.
7. *Федоров В.М.* Водопроводящие сооружения оросительных систем. Новочеркасск: Темп, 2004. 282 с.
8. Dynamic Simulation Tool of Fertigation in Drip Irrigation Subunits / *R. González Perea* [et al.]. // *Computers and Electronics in Agriculture.* 2020. Vol. 173. Article № 105434. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105434.

9. *Кочетова С.И., Виноградова В.С., Долгий В.В.* Эффективность гидротрофной системы при выращивании бахчевых в защищенном грунте // *Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: мат-лы 60-й науч.-практ. конф.* Кострома, 2009. Вып. 2. С. 17.
10. Овощеводство защищенного грунта: учебник / *В.А. Брызгалов* [и др.]; под ред. *В.А. Брызгалова.* Изд. 2-е., перераб. и доп. М.: Колос, 1995. 351 с.
11. Estimation of Soil Water Retention Curve Using Some Agrophysical Characteristics and Voronin's Empirical Dependence / *V.V. Terleev* [et al.] // *Journal International Agrophysics.* 2010. V. 24. № 4. P. 381–387.
12. Mechanism of Intermittent Fluctuated Water Pressure on Emitter Clogging Substances Formation in Drip Irrigation System Utilizing High Sediment Water / *Q. Li* [et al.]. // *Agricultural Water Management.* 2019. Vol. 215. P. 16–24. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.01.010.
13. *Wolters W.* Influences on the Efficiency of Irrigation Water Use: Thesis. Wageningen, The Netherlands: ILRI, 1992. 150 p.

References

1. *Pereira L.S.* Higher Performance through Combined Improvement in Irrigation Methods and Scheduling: A Discussion // *Agric. Water Manage.* 1999. Vol. 40. № 2. P. 153–169.
2. *Borodychev V.V.* Sovremennye tehnologii kapel'nogo orosheniya ovoschnyh kul'tur. Kolomna: Raduga, 2010. 241 s.
3. An In-situ Accelerated Experimental Testing Method for Drip Irrigation Emitter Clogging with Inferior Water / *S. Han* [et al.]. // *Agricultural Water Management.* 2019. Vol. 212. № 2. P. 136–154. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.08.024.
4. Water-use Efficiency and Transpiration Efficiency of Wheat under Rain-fed Conditions and Supplemental Irrigation in a Mediterranean Type Environment / *H. Zhang* [et al.] // *Plant Soil.* 1998. Vol. 201. № 2. P. 295–305. DOI: 10.1023/A:1004328004860.
5. Irrigated Agriculture at the Crossroads // Sustainability of Irrigated Agriculture / *L.S. Pereira* [et al.] // Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1996. P. 19–33.

6. *Pereira L.S., Oweis T., Zairi A.* Irrigation Management under Water Scarcity // *Agric. Water Manage.* 2002. Vol. 57. P. 175–206.
7. *Fedorov V.M.* Vodoprovodyaschie sooruzheniya orositel'nyh sistem. Novocherkassk: Temp, 2004. 282 s.
8. Dynamic Simulation Tool of Fertigation in Drip Irrigation Subunits / *R. González Perea* [et al.]. // *Computers and Electronics in Agriculture.* 2020. Vol. 173. Article № 105434. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105434.
9. *Kochetova S.I., Vinogradova V.S., Dolgij V.V.* 'Effektivnost' gidrotrofnoj sistemy pri vyraschivanii bahchevyh v zaschischnom grunte // *Aktual'nye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse: mat-ly 60-j nauch.-prakt. konf. Kostroma, 2009. Vyp. 2. S. 17.*
10. *Ovoschevodstvo zaschischnogo grunta: uchebnik / V.A. Bryzgalov* [i dr.]; pod red. *V.A. Bryzgalova.* Izd. 2-e., pererab. i dop. M.: Kolos, 1995. 351 s.
11. Estimation of Soil Water Retention Curve Using Some Agrophysical Characteristics and Voronin's Empirical Dependence / *V.V. Terleev* [et al.] // *Journal International Agrophysics.* 2010. V. 24. № 4. P. 381–387.
12. Mechanism of Intermittent Fluctuated Water Pressure on Emitter Clogging Substances Formation in Drip Irrigation System Utilizing High Sediment Water / *Q. Li* [et al.]. // *Agricultural Water Management.* 2019. Vol. 215. P. 16–24. DOI: 10.1016/j.agwat.2019.01.010.
13. *Wolters W.* Influences on the Efficiency of Irrigation Water Use: Thesis. Wageningen, The Netherlands: ILRI, 1992. 150 p.

Статья принята к публикации 20.06.2024 / The article accepted for publication 20.06.2024.

Информация об авторах:

Вера Сергеевна Виноградова¹, профессор кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Сергей Сергеевич Макаров², заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, доктор сельскохозяйственных наук

Алексей Владимирович Ситников³, депутат VII созыва, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Vera Sergeevna Vinogradova¹, Professor at the Department of Agrochemistry, Biology and Plant Protection, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Sergey Sergeevich Makarov², Head of the Department of Ornamental Gardening and Lawn Science, Professor at the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Doctor of Agricultural Sciences

Alexey Vladimirovich Sitnikov³, Deputy of the 7th convocation, Candidate of Agricultural Sciences

